

6K-7

# VPN 複数経路 iSCSI ストレージアクセスにおける TCP 輻輳ウィンドウの解析

千島 望†

山口 実靖‡

小口 正人†

†お茶の水女子大学

‡工学院大学

## 1 はじめに

近年、ストレージの管理コスト低減などの目的で SAN(Storage Area Network) の導入が進んでおり、IP ネットワークを利用した IP-SAN として iSCSI が期待されている。現状において、SAN は主にサーバサイト内のみでしか使用されていない。しかし遠隔バックアップ等を目的として、離れたサイトのサーバとストレージを SAN で接続することが望まれている。

そこで本研究では、VPN(Virtual Private Network) を利用することにより、ローカル環境で使用されている iSCSI を用いて広域ネットワーク上でリモートアクセスを行うことを検討する。さらに、より信頼性の高い通信を実現するため VPN 広域ネットワーク内に複数経路を構築し、iSCSI ストレージに対し複数経路アクセスを行う方式を検討した。

iSCSI は複雑な階層構成のプロトコルスタックで処理されており、バースト的なデータ転送も多いことから、通常のソケット通信と比較して、特に高遅延環境においては性能の劣化が著しい。また、下位基盤の TCP/IP 層が提供できる限界性能を超えることはできず、最大限の性能が発揮できるよう TCP パラメータなどを制御することが求められる。本研究では、VPN 複数経路を用いて iSCSI アクセスを行う際の性能と TCP 輻輳ウィンドウの関係などを評価する。

## 2 研究背景

### 2.1 VPN

VPN は、インターネットや通信事業者が持つ公衆ネットワークを使って、拠点間を仮想的に閉じたネットワークで接続する技術である。安価であるという公衆網のメリットを活かしつつ、機密性の低さを暗号化等の別の方法で補うことにより、「実質的な専用網」を実現できるということが VPN の利点である。一方、専用網と異なりネットワークの品質は保証されない場合が多い。

iSCSI を用いて遠隔バックアップなどを行うには、VPN ルータで接続したりリモート環境にネットワークストレージを設置し、広域ネットワーク内の VPN 越しにアクセスを行うという方法が考えられる(図1)。この場合、VPN ルータを通ることによってネットワークの帯域幅が制限され、スループットが著しく低下することが起こり得る[1]。さらに広域ネットワーク内は帯域幅等の通信品質が保証されず、不安定な通信路であることが想定される。そこで本研究では、広域ネットワーク内を VPN 複数経路で接続する方式を検討した。

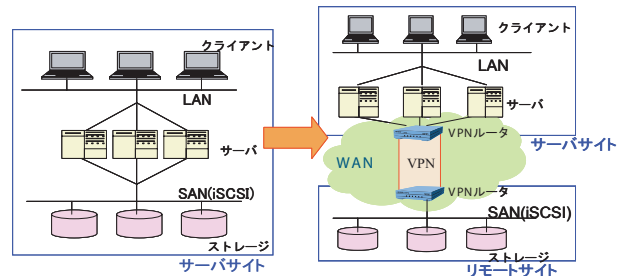


図1: VPN 利用モデル

これにより、データ転送の性能や信頼性、ネットワークの耐障害性なども向上すると考えられる。

## 3 実験システム

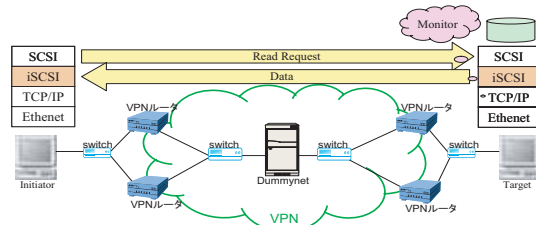


図2: 実験システムの概要

iSCSI ストレージアクセスを行う Initiator とストレージを提供する Target の間に VPN ルータを4台挟み、複数経路アクセスが実行できる実験システムを構築した(図2)。さらに、遠距離アクセスを想定して、人工的な遅延装置である FreeBSD Dummynet を挿入した。

Initiator と Target には、OS は Linux 2.4.18-3, CPU は Intel Xeon 2.4GHz, Main Memory は 512MB DDR SDRAM, NIC は Intel Pro/1000XT Server Adapter on PCI-X (64bit,100MHz), iSCSI は UNH IOL reference implementation ver.3 on iSCSI Draft 18 を用いた。VPN ルータには Fujitsu Si-R570 を用いた[2]。これは 3DES 暗号化速度最大 500Mbps を実現する。この実験環境において、カーネル内部の TCP ソースにモータ関数を挿入しカーネルを再コンパイルした。そして、X11 ウィンドウシステムライブラリ関数を用いてモニタした値をリアルタイムに可視化できるようにした。

## 4 実行結果

### 4.1 性能測定結果

図3は iSCSI ストレージアクセスにおいて片道遅延時間を変化させた時のスループット比較のグラフである。この実験においてブロックサイズは 2MB に設定した。

どの場合も片道遅延時間を長くするとスループットは急激に減少した。また、遅延時間が短い時には複数コネクション複数経路が一番性能が良かったが、遅延

Analysis of TCP Congestion Window in Multi-routing VPN on iSCSI Storage Access

† Nozomi Chishima, Masato Oguchi

‡ Saneyasu Yamaguchi

Ochanomizu University (†)

Kogakuin University (‡)

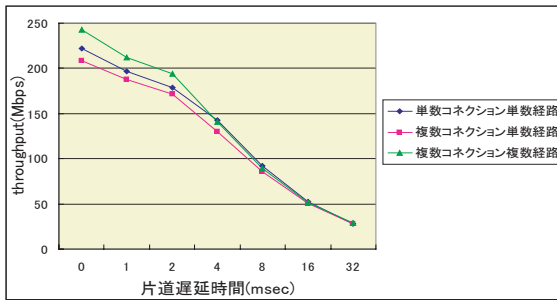


図 3: 片道遅延時間とスループット比較

時間を長くするとどの場合でも性能に変化がなくなってきた。遅延時間が短い時は複数経路にすることで、ルータ処理の負荷が軽減され性能が向上したと考えられるが、高遅延環境においては、遅延が2つのコネクションが通る同一経路上に入っているため、経路の高遅延通信の方がボトルネックとなり、性能に差がなくなってきたと考えられる。

#### 4.2 輻輳ウィンドウの比較

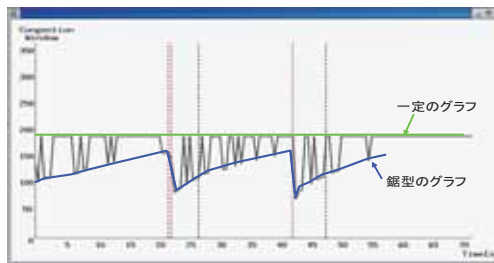


図 4: 輻輳ウィンドウ (複数コネクション単数経路)

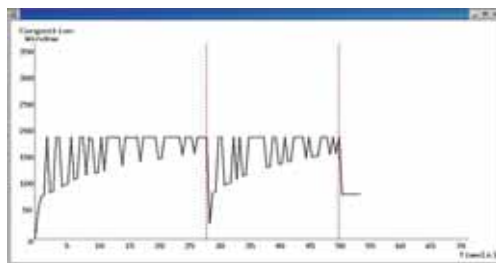


図 5: 輻輳ウィンドウ (複数コネクション複数経路)

図 4, 5 は TCP 輻輳ウィンドウをモニタした際の時間変化の様子である。この時、遅延は入れていない。

図 4 は複数コネクション単数経路の場合の輻輳ウィンドウをモニタした様子である。図に現れる細かい縦の破線は Local device congestion (CWR エラー) が起こったことを表しており、これは送信側のデバイスドライバのバッファが溢れることによるエラーである。また、太い縦の破線はパケットロスエラーが起きたことによる重複 ACK, SACK を受信したことを示している。ここで輻輳ウィンドウモニタツールは、2つのコネクションのうち一方でも輻輳ウィンドウの値が変わったら表示されるようになっている。それぞれのコネクションとも独立で値が変わるため、ランダムにグラフ表示されることになる。したがってコネクションごとの輻輳ウィンドウは、それぞれ一定のものに鋸型のものとなっていると考えられる。

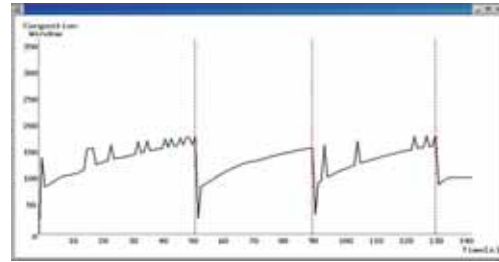


図 6: 輻輳ウィンドウ (高遅延環境, 複数コネクション複数経路)

図 5 は複数コネクション複数経路の場合の輻輳ウィンドウをモニタした様子である。このときの縦の破線は CWR エラーを示しており、輻輳ウィンドウの変化は複数コネクション単数経路の場合とほぼ同じになった。

ここで、一定のグラフと鋸型のグラフになった理由を考察する。2つのコネクションのうちどちらか片方のコネクションが輻輳ウィンドウを使い切ったら ACK がくるまで次の iSCSI アクセスは行われなくなる。iSCSI コネクションへのパケット振り分けはラウンドロビンで実行されているため、片方のアクセスが止まってしまうともう片方のアクセスも止まることになる。したがってもう一方のコネクションには輻輳ウィンドウ分を使い切る量のパケットが送られなかったため、Linux TCP 輻輳ウィンドウの性質により輻輳ウィンドウは一定となったと考えられる。

また、一定のグラフと鋸型のグラフの輻輳ウィンドウを足し合わせると、最大で単数コネクションの時の輻輳ウィンドウの値である 350 パケットに近い値をとっていることが分かった。

図 6 は片道遅延時間を 8msec に設定した時の、複数コネクション複数経路の場合の輻輳ウィンドウの様子である。グラフに現れる縦の破線は CWR エラーを示している。

高遅延環境においては2つのコネクションごとに別々の動きをしているものの、片方が一定とはなっていない。これは高遅延環境になるとパケットを送り出してから ACK が返ってくるまでの時間が長いから、どちらのコネクションにおいても輻輳ウィンドウが使い切られていて、その結果値が変化しているものと考えられる。また、どの場合も遅延なしの時よりタイムアウトによるエラーが頻発した。

#### 5 まとめと今後の課題

本研究では、iSCSI ストレージアクセスにおいて iSCSI コネクションを単数、複数に変化させ、VPN 接続も単数経路、複数経路に変化させた時のスループットの違いと輻輳ウィンドウの振舞いを観察し、比較した。

今後はさらに詳しく解析を進め、VPN 複数経路にした場合に性能が向上するような通信を実現させていきたい。

#### 参考文献

- [1] 千島 望, 豊田 真智子, 山口 実靖, 小口 正人: "VPN 接続環境における TCP パラメータと通信性能の相関関係評価", FIT2006, L-042, 2006 年 9 月
- [2] 富士通 IP アクセスルータ Si-R570, <http://fenics.fujitsu.com/products/sir/sir570/index.html>